

# بررسی چابکی سازمان‌های تولیدی در صنعت الکترونیک ایران با استفاده از منطق فازی

غلامرضا خوش‌سیما، احمد جعفرنژاد، علی محقر و کارو لوکس

**چکیده:** چابکی عبارتست از مجموعه‌ای از توانمندی‌ها و شایستگی‌ها که باعث بقا و پیشرفت سازمان در محیط کسب و کار (که ویژگی اساسی آن وجود تغییرات دائمی و عدم اطمینان است) می‌شود. در این مقاله ابتدا یک مدل جهت دستیابی به چابکی مطرح، سپس یک متدولوژی مبتنی بر دانش برای اندازه‌گیری چابکی ارائه شده است. بنابراین هر سازمانی جهت نائل شدن به چابکی باید دو توانمندی (پاسخگویی و انعطاف‌پذیری) و یک شایستگی (نمونه‌سازی سریع) داشته باشد و هریک از توانمندی‌ها و شایستگی‌ها به تعدادی ابعاد و شاخص شکسته میشود. برای اندازه‌گیری چابکی از قوانین "اگر" {مقدمه فازی} "آنگاه" {نتیجه فازی}، استفاده شده است. این سیستم هوشمند بر اساس دانش متخصصان طراحی گردیده و شامل پیاده‌سازی روش‌های منطق فازی برای اندازه‌گیری چابکی سازمان‌های تولیدی در صنعت الکترونیک ایران می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** چابکی، توانمندی، شایستگی، منطق فازی و اندازه‌گیری

## ۱. مقدمه

در محیط آشفته‌ای (نامطمئن و متغیر) که شرکت‌های ما در آن مشغول فعالیت هستند، یکی از مهمترین فاکتورهای بقا و پیشرفت چابکی آنها است. ویژگی اساسی این محیط تغییر و عدم اطمینان است. شرکت‌ها در این محیط، چگونه باید عمل نمایند تا بتوانند در عین اینکه خود را حفظ می‌نمایند، بتوانند از تغییرات حداکثر منفعت را کسب نموده و پیشرفت نمایند. سیستم تولیدی چابک<sup>۱</sup> راه‌حلی جدید برای مقابله با این چالش است. واژه چابک در فرهنگ لغات به معنای "حرکت سریع، چالاک، فعال"، "توانایی حرکت به صورت سریع و آسان و قادر بودن به تفکر به صورت سریع و با یک روش هوشمندانه" به کار گرفته شده است [۱]. چابکی<sup>۲</sup> ناشی از تولید چابک است و تولید چابک مفهومی است که طی سال‌های اخیر عمومیت یافته و به عنوان استراتژی موفق، توسط

تولیدکنندگانی که در کلاس جهانی فعالیت می‌کنند، پذیرفته شده است. هدف این تولیدکنندگان، رهبری در سطح ملی و بین‌المللی (در یک بازار رقابتی که نیازهای مشتریان به صورت دائم در حال تغییر است) می‌باشد [۲]. در چنین محیطی، بنگاه باید توان تولید همزمان محصولات متفاوت و با طول عمر کوتاه، طراحی مجدد محصولات، تغییر رویه‌های تولید محصولات و پاسخگویی کارا به تغییرات را داشته باشد [۳]. داو [۵ و ۴] چابکی را چنین تعریف می‌کند: "توانایی سازمان جهت بقا و پیشرفت در یک محیط کسب و کار غیرقابل پیش‌بینی و دائماً در حال تغییر".

## ۲. تشریح مدل

چابکی عبارتست از مجموعه‌ای از توانمندی‌ها<sup>۳</sup> و شایستگی‌ها<sup>۴</sup> که باعث بقا و پیشرفت سازمان در محیط کسب و کار (که ویژگی اساسی آن وجود تغییرات دائمی و عدم اطمینان است) می‌شود [۶]. کلمه شایستگی اولین بار توسط سلزنیک در سال ۱۹۵۷ مطرح گردید [۸ و ۷]. اما مفهوم اساسی توانمندی و شایستگی به معنا و مفهوم فعلی توسط پراهالاد و هم‌ل در سال ۱۹۹۰ مطرح گردید. شایستگی‌های اساسی، مجموعه‌ای از یادگیری‌های جمعی در داخل سازمان هستند، خصوصاً اینکه چطور مهارت‌های تولیدی متنوع را هماهنگ و ریشه‌های چندگانه تکنولوژی را یکپارچه کنند. در واقع

نسخه اصلی مقاله در تاریخ ۱۳۸۲/۹/۱۶ و پس از بازنگریهای لازم، در تاریخ ۱۳۸۳/۴/۲۰ به تصویب نهایی رسیده است.  
غلامرضا خوش‌سیما، عضو هیات علمی دانشگاه ولیعصر رفسنجان، بخش مدیریت. [Khoshsima@vru.ac.ir](mailto:Khoshsima@vru.ac.ir)  
دکتر علی محقر، استادیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.  
دکتر احمد جعفرنژاد، استادیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.  
دکتر کارو لوکس، استاد دانشکده فنی دانشگاه تهران، گروه مهندسی کامپیوتر و الکترونیک.

<sup>3</sup> Capability  
<sup>4</sup> Competency

<sup>1</sup> Agile Manufacturing System  
<sup>2</sup> Agility



شکل ۱. مدل مفهومی برای چابکی

## ۲-۱. پاسخگویی

یکی از اجزا مهم یک سیستم چابک می‌باشد [۱۵-۲۰]. پاسخگویی در این مقاله عبارتست از: توانایی شناسایی و پاسخ سریع به تغییرات. این تعریف شامل دو مرحله است که در مرحله اول سعی بر شناسایی تغییرات محیطی بوده و در مرحله بعد سعی بر پاسخ سریع به تغییرات شناسایی شده می‌باشد. حال با توجه به تعریف بالا ما از ۲ بعد پاسخگویی را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

الف) توانایی شناسایی تغییرات: در این بعد ما از سه زاویه محیط دور، محیط نزدیک و محیط داخلی سازمان را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

ب) توانایی پاسخ سریع: به توانایی فنی شرکت، فعالیت‌ها و فرایندهایی اشاره می‌کند که سازمان جهت پاسخ مناسب به تغییرات باید داشته باشد.

## ۲-۲. انعطاف‌پذیری

یکی دیگر از اجزاء بسیار مهم چابکی انعطاف‌پذیری است [۲۲، ۲۰، ۱۹]. محققان بیشماری در زمینه انعطاف‌پذیری به تحقیق پرداخته‌اند و تعاریف متعددی هم در این زمینه ارائه کرده‌اند. انعطاف‌پذیری در این مقاله عبارتست از توانایی سازمان جهت پاسخ به تغییرات و تطابق با محیط. همه ما نسبت به انعطاف‌پذیری دیدگاهی کلی داریم اما در این بین کمتر کسی جزئیات آنرا می‌داند. برای فهم بهتر و بیشتر این مفهوم ما سعی در اندازه‌گیری آن داریم. برای اندازه‌گیری آن، در ابتدا باید ابعاد آنرا مشخص نماییم. بین محققان این توافق وجود دارد که انعطاف‌پذیری مفهومی چند بعدی است و تحقیقات فراوانی در زمینه ابعاد انعطاف‌پذیری انجام شده است. هرکدام از محققان نیز طبقه بندی‌های متفاوتی در مورد این ابعاد ارائه نموده‌اند به عنوان مثال ستهی و ستهی در سال ۱۹۹۰ آنرا به ۱۱ بعد، گوبتا و سامرز در سال ۱۹۹۶ به ۹ بعد، گروین در سال ۱۹۹۳ به ۷ بعد، دسوزا و ویلیامز در سال ۲۰۰۰ به ۴ بعد، سوارز و همکارانش در سال ۱۹۹۵ به ۴ بعد، بارگلیا و پترونی در سال ۲۰۰۰ به ۷ بعد، و کارکا و اولری کلی در سال ۲۰۰۰ آنرا به ۱۵ بعد، کاسته و مالهوترا در سال ۱۹۹۹ به ۱۰ بعد و در سال ۲۰۰۰ در صنعت اتومبیل آنرا به ۵ بعد و ناراسیم هان و داس در سال ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ آنرا در ۱۱ بعد طبقه بندی کرده‌اند. طبقه بندی این ابعاد از لحاظ ماهیت با هم متفاوت

سازمان به مانند درختی می‌ماند که رشد آن بسته به ریشه‌های آن دارد، یعنی محصولات اصلی بوسیله شایستگی‌ها تغذیه می‌شوند و سپس واحدهای کسب و کار ایجاد می‌شوند، که محصولات نهایی میوه آنها می‌باشند. یک شرکت بزرگ و با محصولات متنوع، درختی بزرگ می‌باشد که تنه و شاخه‌های اصلی آن به عنوان محصولات اصلی شرکت، شاخه‌های کوچک‌تر همان واحدهای کسب و کار؛ برگ‌ها، گل‌ها و میوه‌ها همان محصول نهایی هستند. به عبارت دیگر، ریشه درخت که تغذیه، پرورش و ثبات سیستم را فراهم می‌کند، شایستگی اساسی می‌باشد [۹]. بعضی از صاحبزنان بین توانمندی و شایستگی فرق قائل می‌شوند [۱۰، ۷، ۱۱] و بعضی از این اندیشمندان فرقی بین آنها قائل نشده و این دو واژه را به جای هم بکار می‌برند، اما در این مقاله بر طبق نظر استاک و همکارانش بین توانمندی و شایستگی فرق قائل شده‌ایم. در این دیدگاه توانمندی، مجموعه‌ای از توانایی‌ها، تخصص‌ها و مهارت‌های جمعی داخل سازمان را ارائه می‌نماید. توانمندی در عمل توانایی سازمان جهت ایجاد فرایندها و ساختارهای داخلی را ارائه و اعضایش را وادار به ایجاد شایستگی‌های مشخص می‌نماید تا با تغییر در نیازهای استراتژیک و مشتریان سازگار گردد.

در واقع توانمندی با گروهی از شایستگی‌های مجزا مرتبط می‌باشد که به شایستگی‌های سازمانی تبدیل شده‌اند [۱۲]. لانگ و ویکرز کوچ شایستگی‌ها را مجموعه‌ای از مهارت‌ها، دانش، نگرش‌ها و دانش فنی دانسته و توانمندی‌ها را مجموعه‌ای از شایستگی‌ها بعلاوه فرایندهای استراتژیک که باعث مزیت رقابتی سازمان می‌شوند، می‌دانند.

دایسون و استارکی [۱۴] آنرا توانایی سازمان در چفت و بسط کردن، کیفیت مناسب و هماهنگی درست ارتباط بین فعالیت‌های زنجیره ارزش می‌دانند. شایستگی‌ها و توانمندی‌ها دو بعد متفاوت اما مکمل از یک پارادایم در حال ظهور برای استراتژی شرکت را ارائه می‌نمایند. هر دو مفهوم بر جنبه رفتاری استراتژی در مقابل مدل ساختاری سنتی تاکید می‌کنند. اما شایستگی‌ها بر تخصص تولیدی و تکنولوژیکی در یک نقطه مشخص در طول زنجیره ارزش تاکید می‌کند در حالیکه توانمندی‌ها مبتنی بر کل زنجیره ارزش می‌باشند. در این جنبه توانمندی‌ها برای مشتریان قابل رویت هستند اما شایستگی‌ها برای مشتریان قابل رویت نیستند [۱۰]. بر این اساس و تعریفی که از چابکی در این مقاله ارائه شده است، دو توانمندی (پاسخگویی و انعطاف‌پذیری) و یک شایستگی (نمونه‌سازی سریع) مطرح گردیده‌کن‌ها جهت حصول به چابکی به آن نیازمند است (شکل شماره ۱).

یعنی اگر سازمان پاسخگو و منعطف باشد و از نمونه‌سازی اولیه سریع بهره‌مند باشند، بر طبق تعریف چابکی، چابک خواهد بود. حال به تشریح هر یک از آنها می‌پردازیم.

یک قطعه را در داخل سیستم تولید نمود [۲۴-۲۸]. بعضی از محققان آنرا انعطاف‌پذیری توالی و نشان دهنده زمانبندی کارگاه نیز دانسته‌اند [۲۹،۳۰].

ه) انعطاف‌پذیری تولید: به معنای توانایی سیستم جهت تولید دامنه‌ای از محصولات می‌باشد، بدون اضافه کردن تجهیزات جدید [۲۳] یا عمومی کردن انواع قطعات که یک سیستم تولیدی منقطع بتواند تولید کند [۲۴-۲۸].

د) انعطاف‌پذیری مواد: به معنای توانایی سیستم حمل و نقل مواد جهت حرکت انواع متفاوت قطعات به طور کارا برای موقعیت و پردازش مناسب از طریق تسهیلات تولیدی که به خود خدمت ارائه می‌کنند، گویند [۲۳]. یعنی توانمندی یک فرایند حمل و نقل مواد جهت حرکت قطعات متفاوت در سراسر سیستم تولید می‌باشد [۲۴،۲۸،۳۴-۳۰]. البته ناراسیم هان و داس [۳۱،۳۲] آنرا از انعطاف‌پذیری مواد جدا می‌دانند و توانایی تجهیزات جهت اداره کردن انحرافات در ابعاد کلیدی ورودی می‌دانند.

ذ) انعطاف‌پذیری برنامه: به معنای توانایی تجهیزات جهت اجرای چیزهای ناخواسته در یک دوره زمانی بلندمدت می‌باشد [۳۱،۳۲]. عبارت دیگر توانایی سیستم جهت اجرای مجازی ناخواسته در یک دوره زمانی بلندمدت می‌باشد [۲۴،۲۳-۲۸].

ر) انعطاف‌پذیری بازار: به معنای توانایی سیستم تولید جهت تطبیق با یا نفوذ در تغییرات بازار می‌باشد [۳۱،۳۲،۲۸،۲۴،۲۳].

ز) انعطاف‌پذیری اتوماسیون: به معنای میزانی از انعطاف‌پذیری می‌باشد که در خود اتوماسیون (فرم - محاسباتی) تکنولوژی‌های تولید وجود دارد [۲۸،۳۷].

ژ) انعطاف‌پذیری نیروی کار: به معنای دامنه وظایفی است که یک اپراتور توانایی انجام آن را در داخل سیستم دارد [۲۸]. سازمان‌ها با آموزش‌های متقاطع کارکنان در داخل یک دپارتمان، بین دپارتمان‌ها و یا در دپارتمان‌های دیگر می‌توانند انعطاف‌پذیری نیروی کار خود را افزایش دهند [۲۹،۳۰].

ع) انعطاف‌پذیری طراحی جدید: یعنی سرعتی که محصولات را بتوان در سیستم طراحی و تولید نمود [۳۳،۳۹،۴۰]. در واقع توانایی سیستم تولید جهت معرفی و ساخت قطعات و محصولات جدید را گویند [۲۹-۳۵،۳۲].

غ) انعطاف‌پذیری اصلاح یا تعدیل: به معنای توانایی سیستم جهت یکپارچگی تغییرات طراحی در یک محصول مشخص می‌باشد [۴۲] و کمتر شامل توسعه کامل محصول جدید می‌باشد و بیشتر در قسمتی از محصول و یا ممکن است بر اساس درخواست مشتری باشد [۲۹،۳۰].

ناراسیم هان و داس آنرا توانایی فرایند سیستم تولید جهت سفارشی‌سازی محصولات از طریق تعدیلات خیلی کوچک در طراحی می‌دانند [۳۱،۳۲].

هستند. حال ما در اینجا سعی به تشریح بیشتر هر یک از این موارد می‌نماییم.

الف) انعطاف‌پذیری ماشین: به معنای سهولت تغییر در عملیات مورد نیاز جهت تولید تعدادی از محصولات می‌باشد [۲۳ و ۲۴]، یعنی مجموعه معینی از انواع قطعات را بدون تغییر زیادی در زمان یا هزینه راه اندازی، تولید نماید [۲۵-۲۸]. یک ماشین CNC را در نظر بگیرید که همه عملیات جهت تکمیل دو قطعه را انجام می‌دهد. در حالیکه این ماشین فقط دو قطعه را پردازش می‌کند، ممکن است تعداد بیشماری عملیات را در هر قطعه انجام دهد. علاوه بر آن ممکن است این عملیات کاملاً نامشابه باشند.

ب) انعطاف‌پذیری فرایند: به معنای توانایی سیستم تولید جهت تولید مجموعه معینی از انواع قطعات متفاوت با روشها و مواد اولیه متفاوت می‌باشد [۲۳-۲۵]. بعضی از محققان از آن به عنوان انعطاف‌پذیری ترکیب نام می‌برند. از جمله این محققان کاسته و مالهوترا [۲۹-۳۰] و ناراسیم هان و داس [۳۱،۳۲] می‌باشند و آنرا به معنای توانایی سیستم تولید جهت سوئیچ کردن بین محصولات متفاوت در ترکیب محصولات می‌دانند [۳۳-۳۵].

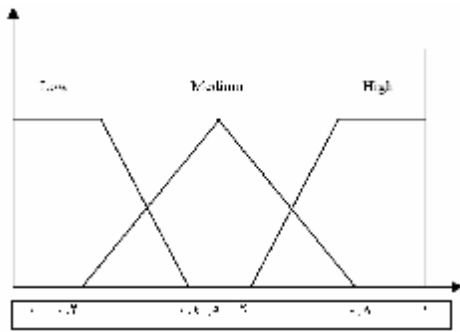
پ) انعطاف‌پذیری محصول: به معنای توانایی انتقال به تولید یک (مجموعه‌ای از) محصول (ات) جدید به صورت اقتصادی و سریع گویند [۲۵]. یعنی سهولت در اضافه کردن یا جایگزین کردن یک قطعه جدید به قطعات موجود می‌باشد [۲۳،۲۴]. افراد دیگری نیز این بعد را در طبقه‌بندی خود مطرح نموده‌اند [۲۶-۳۲].

ت) انعطاف‌پذیری مسیر: به معنای توانایی گذر از توقف‌ها و خرابی‌ها و تولید مداوم مجموعه معینی از انواع قطعات گویند [۲۵]. توانایی تغییر توالی گام‌ها در سراسر فرایند تولید که باعث ارتقاء محصول می‌گردد را نیز انعطاف‌پذیری مسیر گویند [۲۶-۳۲،۳۴]. ستهی و ستهی [۲۳] آنرا توانایی سیستم تولیدی جهت تولید یک قطعه بوسیله مسیرهای مختلف که در آن مسیرها ممکن است از ماشین‌ها، عملیات و یا توالی عملیات متفاوت استفاده نمایند، می‌دانند.

ث) انعطاف‌پذیری حجم: به معنای توانایی سیستم جهت ادغام حجم‌های متفاوت تولید به طور اقتصادی را گویند. در واقع توانایی تغییر حجم ستاده فرایند تولید به طور اقتصادی را گویند [۲۳-۲۸،۳۳-۳۶].

ج) انعطاف‌پذیری توسعه: به معنای توانایی ساخت یک سیستم و گسترش آن در صورت نیاز به صورت آسان و مدولار [۲۵] و یا سهولت در افزایش ظرفیت و توانمندی سیستم در صورت نیاز را گویند [۲۳]. محققان دیگری نیز این بعد را در طبقه‌بندی خود آورده‌اند [۲۴-۲۶،۳۲].

چ) انعطاف‌پذیری عملیات: انعطاف‌پذیری عملیات یک قطعه یعنی اینکه یک قطعه را بتوان از روش‌های متفاوتی تولید نمود [۲۳]. در واقع به معنای تعداد فرایندها یا روش‌های متفاوتی است که بتوان



شکل ۲. تابع عضویت متغیرهای زبانی

$AO$  در اینجا ارزش زبانی چابکی سازمان  $A_{ORG}$  را ارائه می‌کند. همه ارزش‌های زبانی  $C_i$  و  $AO$  مجموعه‌های فازی هستند شبیه آنهاست که در شکل شماره ۲ نشان داده شده و بر مبنای مجموعه  $X$  و  $Y$  چنانکه  $ao(y), ci(x)$  درجه عضویت عنصر  $X$  و  $Y$  در  $C_i$  و  $AO$  می‌باشند. *And* یک رابط "و" فازی را ارائه می‌کند و در ادبیات تحقیق منطق فازی تفاسیر ریاضی متفاوتی دارد. معمولاً آن توسط اشتراک مجموعه‌های فازی ارائه می‌شود. انتخاب رابط *And* در قوانین چابکی باید مبتنی بر تست تجربی در یک جای مشخص باشد زیرا معنای چابکی در نظر افراد متفاوت می‌باشد. ایجاد معیاری برای انتخاب رابط در کتاب زیرمن پیشنهاد شده است [۴۷].

اتصال دهنده *And* باید اطلاعات همه پارامترها (مقدمه‌ها) را با در نظر گرفتن اهمیتشان در یک زمینه معین، ترکیب نماید کند. بنابراین فقط از *And* استفاده می‌نماییم. البته جهت ساده‌تر شدن کار از سه برچسب زبانی استفاده می‌نماییم. به مثال زیر توجه نمایید که در آن انعطاف‌پذیری سازمان بالا، پاسخگویی آن بالا و سرعت در ساخت نمونه اولیه پایین باشد در نتیجه چابکی سازمان بالا خواهد بود.

اگر انعطاف‌پذیری بالا و پاسخگویی بالا و سرعت در ساخت نمونه اولیه پایین باشد  
بنابراین چابکی سازمان بالا است (قانون ۱)

#### ۴. جامعه آماری

جامعه آماری عبارتست از همه اعضای فرضی یا واقعی که علاقمند هستیم یافته‌های تحقیق را به آنها تعمیم دهیم [۵۳]. بطور کلی فعالیت‌های تولیدی صنعت الکترونیک ایران در زیر بخش‌های الکترونیک مصرفی و تجهیزات مخابراتی متمرکز است. در بخش‌هایی نظیر داده‌پردازی، الکترونیک صنعتی، الکترونیک پزشکی و ... بخش اعظم فعالیت‌ها خدماتی بوده و فرایند تولیدی قابل توجهی وجود ندارد. محصولاتی که دارای تولید انبوه هستند و ارزش تولیدات الکترونیک را تشکیل می‌دهند عبارتند از: تلویزیون و رادیو. با توجه به مطالب بالا همه شرکت‌های فعال در بخش ساخت رادیو

#### ۳-۲. سرعت در ساخت نمونه اولیه

سرعت در ساخت نمونه اولیه را نیز همچون دو عنصر ابتدایی از اجزاء اصلی تولید چابک می‌دانند [۴۴، ۲۲-۴۵]. در تعریف سرعت در ساخت نمونه اولیه صحبت‌های فراوانی وجود دارد و بیشتر به دیدگاه کسی که آنرا تعریف می‌کند بستگی دارد. بیشتر آنرا فرایندی که یک نمونه اولیه از آن قطعه به صورت سریع و با هزینه‌های اثربخش خلق می‌گردد، می‌دانند.

#### ۳. روش انجام کار

در این تحقیق با توجه به مدل ارائه شده در قسمت ۲ ما برای سطح اول سیستم فازی طراحی نموده و برای سطوح پایین‌تر از ادغام‌سازی داده‌ها استفاده می‌نماییم. روش ما در ادغام‌سازی داده‌ها روش میانگین بوده است. در طراحی سیستم فازی ما چهار متغیر زبانی داریم که برای هر کدام از آنها سه برچسب زبانی معین می‌کنیم. از آنجاییکه در قسمت مقدمه فازی سه متغیر با سه برچسب زبانی داریم، بنابراین ما ۳۳ قانون داریم که بعضی از قوانین نیازی به اثبات نداشته و بقیه از طریق مصاحبه منظم بدست آمده است. از آنجاییکه اندازه‌گیری چابکی به روش‌های معمولی بدلیل ابهام ذاتی این واژه مشکل می‌باشد، در این تحقیق سعی شده تا با استفاده از این متدولوژی [۴۸-۵۱] آنرا رفع نماییم. بر این اساس اندازه‌گیری با استفاده از باورها و ادراکات افراد انجام می‌گیرد. همچنانکه سیستم‌های تولیدی توسط افراد کار می‌کنند و مدیریت می‌شوند، بنابراین ضروری، به نظر می‌رسد که اندازه‌گیری چابکی آن نیز با بهره‌گیری از دانش و ادراک انسان انجام گیرد. در اینجا سیستمی طراحی می‌شود که مبتنی بر دانش و یا قواعد می‌باشد و از دانش متخصصان بهره می‌گیرد. ابتدا چابکی در ابعاد مختلف طبقه‌بندی شده و هر بعد نیز دارای پارامترهای مختلف است که در ادامه توضیح داده شده است. تحقیق از طریق قوانین اگر  $\Leftarrow$  آنگاه فازی با چند مقدمه و یک نتیجه فازی انجام می‌گیرد. هر کدام از ابعاد و پارامترها، متغیرهای زبانی هستند.

ارزش زبانی متغیرها عبارتند از کلمات شبیه به کم، متوسط، بالا، کمی پایین و غیره که به جای اعداد مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ارزش‌ها دارای مجموعه فازی با مفاهیم ریاضی معین که بوسیله توابع عضویت مناسب ارائه شده‌اند.

فرض کنید  $A_i, i = 1, 2, \dots, N$  مجموعه ابعاد چابکی و  $C_i$  ارزش زبانی هر بعد باشد بنابراین قوانین کلی دانش متخصصان به شکل زیر خواهد بود.

$$A_1 \text{ is } C_1 \text{ And } \dots \text{ And } A_N \text{ is } C_N \text{ Then } A_{ORG} \text{ is } AO \quad (1)$$

or

$$C_1 \text{ And } \dots \text{ And } C_N \xrightarrow{\text{Then}} AO \quad (2)$$

شبه‌سازی داده‌ها و وارد کردن آن به صورت اعداد مثلثی در نرم‌افزار MATLAB استفاده نمودیم.

چنانکه گفته شد، ابتدا یک سیستم طراحی گردید. مقادیر ورودی آن پاسخگویی، انعطاف‌پذیری و سرعت در ساخت نمونه اولیه بوده و اعداد آن به صورت داده‌های فازی مثلثی بوده که از پرسشنامه‌ها استخراج گردیده است. در قسمت پایگاه معرفت ۲۷ قانون در قسمت "اگر" و نه خروجی در قسمت "آنگاه" این سیستم مطرح گردیده است. در نهایت خروجی این سیستم میزان چابکی سازمان مورد نظر خواهد بود.



نمودار ۱. مراحل انجام کار پرسشنامه و اندازه‌گیری چابکی

### ۶. آزمون آلفای کرون باخ و تشریح پرسشنامه

برای بدست آوردن تجزیه و تحلیل روایی مدل آلفای کرون باخ استفاده شده و مقدار آن مشخص گشت. این آلفا بیانگر این مطلب است که سؤالات هم پوشانی و همچنین همسویی داشته است و نیز پاسخ دهندگان نیز با دقت و آگاهی به سؤالات پاسخ داده‌اند. این روش برای محاسبه هماهنگی درونی ابزار اندازه‌گیری از جمله پرسشنامه‌ها یا آزمون‌هایی که خصیصه‌های مختلف را اندازه‌گیری می‌کند بکار می‌رود [۵۲].

$$r_a = \frac{J}{J-1} \left( 1 - \frac{\sum S_j^2}{S^2} \right)$$

که در آن  $J$  تعداد سؤالات پرسشنامه  $S_j^2$  واریانس سؤال  $J$  ام و  $S^2$  واریانس کل آزمون

جدول ۱. میزان آلفای کرون باخ هر پرسشنامه

پرسشنامه	تعداد نمونه	تعداد موارد	آلفا
بازاریابی و فروش	۴۵	۷	۰/۸۶۰۱
برنامه ریزی و تولید	۴۵	۶	۰/۷۸۴۸
مهندسی و R&D	۴۵	۹	۰/۷۸۹۵
متخصصان	۴۲	۸	۰/۸۷۵۴

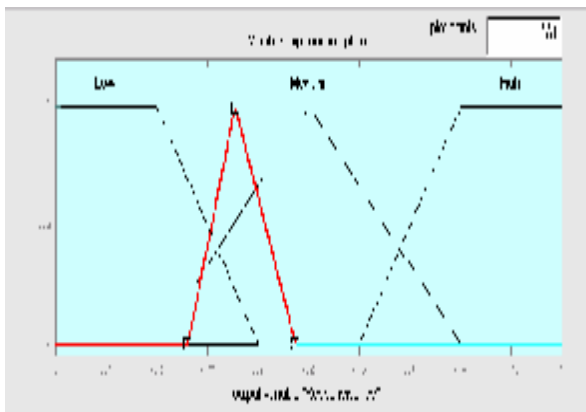
همچنانکه در جدول شماره ۲ می‌بینید مجموع سؤالات ۱۷۲ بوده که ۱۴۵ سؤال آن شامل شاخص‌های اندازه‌گیری و ۲۷ سؤال مربوط به طراحی سیستم فازی می‌باشد. از این میان ۵۴ سؤال

و تلویزیون در جامعه آماری ما قرار می‌گیرند. بنابراین ما به تمامی شرکت‌ها نامه فرستاده و سه شرکت که جواب مناسب داده بودند را مورد بررسی قرار دادیم. افراد پاسخ دهنده شامل دو دسته هستند. دسته اول کسانی که در داخل شرکت کار می‌کنند و دسته دوم مشتریان که ما نمایندگی‌های فروش آنها را انتخاب نمودیم. در دسته اول هم ما با دو گروه مواجهیم. گروه اول کارشناسان (جهت تکمیل پرسشنامه) و گروه دوم افراد متخصص (جهت مصاحبه) می‌باشند. جمع‌آوری اطلاعات: داده‌ها از طریق پرسشنامه پر شده توسط کارشناسان و مصاحبه با متخصصان گردآوری شده است.

### ۵. تعیین شاخص‌ها و میزان چابکی سازمان

در این بخش ابتدا ما ادبیات تحقیق و کارهای انجام شده در زمینه انعطاف‌پذیری، پاسخگویی و سرعت در ساخت نمونه اولیه را مورد بررسی قرار داده و شاخص‌ها را مشخص نمودیم. سپس پرسشنامه را در سه بخش زیر توزیع نمودیم: الف: برنامه‌ریزی و تولید، ب: فنی، مهندسی و تحقیقات و توسعه، ج: بازاریابی و فروش  
برای طراحی سیستم فازی نیز پرسشنامه‌ای با سه معیار پاسخگویی، انعطاف‌پذیری و سرعت در ساخت نمونه اولیه طراحی نمودیم. سؤالات ابتدا از ادبیات تحقیق استخراج گردیده و سپس با محیط ایران و صنعت الکترونیک سازگار گردید (نمودار شماره ۱). برای این کار سؤالات بین دو دسته متخصصان و اساتید دانشگاهی توزیع شد، ابتدا به متخصصان داده شد و در صورت تایید دو نفر از سه نفر آن سؤال تایید و در غیر اینصورت سؤال مربوطه حذف گردید و از آنجاییکه این کار همراه با مصاحبه بود در صورتی که مواردی از قلم جا افتاده یا مختص ایران بوده با تایید مجدد دو نفر از سه نفر به سؤالات اضافه گردید. سپس در مورد اساتید دانشگاهی نیز به همین سبک عمل گردید. طیف پرسشنامه را به صورت ۹ گزینه‌ای و با مقیاس لیکرت در نظر گرفتیم. سپس آنرا با مقیاس هوانگ [۴۶] به صورت عدد فازی مطرح نمودیم.

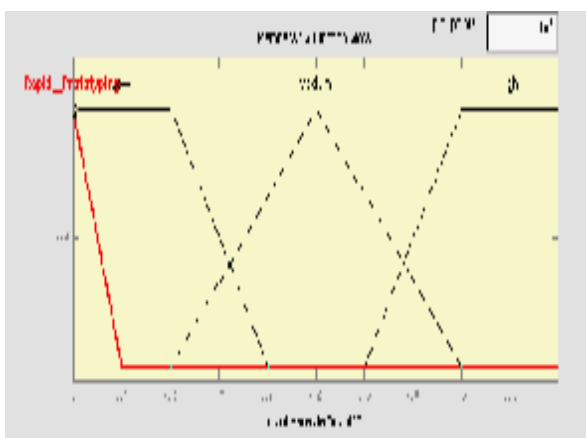
در این مقاله ابتدا پرسشنامه توزیع و پس از جمع‌آوری آن از طریق ادغام‌سازی میزان هر کدام از ابعاد (ما برای انعطاف‌پذیری ۱۵ بعد و برای پاسخگویی ۲ بعد را مدنظر قرار داده‌ایم) را بدست آورده و سپس از طریق یک ادغام‌سازی دیگر میزان هر کدام از ابعاد (انعطاف‌پذیری، پاسخگویی و سرعت در ساخت نمونه اولیه) در سطح اول بدست آمد. در مرحله بعد میزان بدست آمده را در سیستم قرار داده و میزان چابکی سازمان بدست آورده شد. بعد از تعیین میزان پاسخگویی، انعطاف‌پذیری و سرعت در ساخت نمونه اولیه، ما در اینجا اعداد بدست آمده را وارد سیستمی می‌نماییم که توسط پرسشنامه مربوط به متخصصان صنعت الکترونیک طراحی شده است. از آنجاییکه نرم‌افزار MATLAB در محاسبات سیستم هوشمند فازی مورد استفاده قرار گرفته و در این نرم‌افزار داده‌ها باید به صورت یک عدد وارد شود، بنابراین ما از نرم‌افزار Simulink جهت



شکل ۳. میزان پاسخگویی

جدول ۴. میزان سرعت در ساخت نمونه اولیه

سرعت در ساخت نمونه اولیه (شرکت "الف")		
m	a	B
0	0	0.1



شکل ۴. میزان سرعت در ساخت نمونه اولیه

جدول ۵. میزان انعطاف پذیری و ابعاد آن

m	a	b	انعطاف پذیری (شرکت "الف")
0,394	0,102	0,127	انعطاف پذیری
0,777	0,137	0,132	ماشین
0,408	0,112	0,132	مسیر
0,238	0,072	0,126	سیستم حمل و نقل و مواد
0,378	0,098	0,122	محصول
0,243	0,08	0,13	عملیات
0,381	0,171	0,171	فرایند
0,713	0,148	0,147	حجم
0,458	0,13	0,125	توسعه
0,309	0,095	0,141	نیروی کار

مربوط به انعطاف‌پذیری، ۹۱ سؤال مربوط به پاسخگویی و ۱ سؤال مربوط به سرعت در ساخت نمونه اولیه می‌باشد.

جدول ۲. تفکیک سئوالات بر اساس شاخص و عناصر

مجموع سئوالات	تعداد سئوالات مربوط به شاخص‌ها	تعداد سئوالات مربوط به طراحی سیستم
۱۷۲	۱۴۵	۲۷
تعداد سئوالات پاسخگویی	تعداد سئوالات انعطاف‌پذیری	تعداد سئوالات سرعت در ساخت نمونه اولیه
۹۱	۵۴	۱

۷. اندازه‌گیری هر یک از ابعاد

بعد از برگشت پرسشنامه‌ها نتایج زیر حاصل گردید، چنانکه توضیح داده شد ما از طیف نه گانه هوانگ استفاده نموده‌ایم بنابراین نتایج حاصله بعد از ادغام‌سازی داده‌ها برای یکی از شرکت‌ها به صورت جداول و اشکال زیر نشان داده شده است (ادغام‌سازی داده‌ها با نرم‌افزار EXCEL انجام گرفته است).

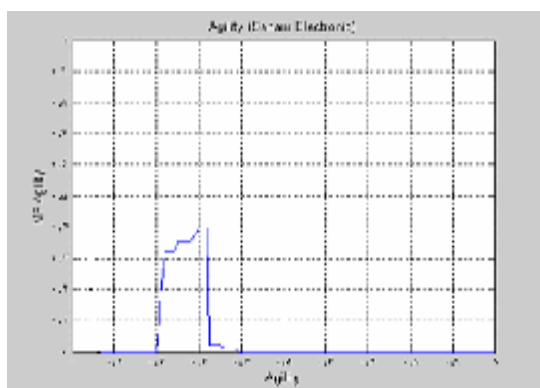
میزان پاسخگویی شرکت "الف" یک عدد مثلثی فازی با مقادیر  $m=0.3548$  و  $a=0.0936$  و  $b=0.119$  می‌باشد. این بدین معناست که مقدار پاسخگویی شرکت مورد نظر بین ۰,۲۶۱۲ تا ۰,۴۷۳۸ متغیر و بیشترین امکان وقوع یا در ممکن‌ترین حالت میزان پاسخگویی ۰,۳۵۴۸ بوده، در بدینانه‌ترین حالت ۰,۲۶۱۲ و در خوشبینانه‌ترین حالت ۰,۴۷۳۸ می‌باشد (جدول شماره ۴ و شکل شماره ۳).

در ارتباط با توانایی شناسایی تغییرات و توانایی پاسخ سریع به تغییرات نیز وضعیت به همین گونه است (جدول شماره ۴). تفسیر بقیه موارد نیز به همین گونه خواهد بود (جداول شماره ۵ و ۶ و شکل‌های شماره ۴ و ۵).

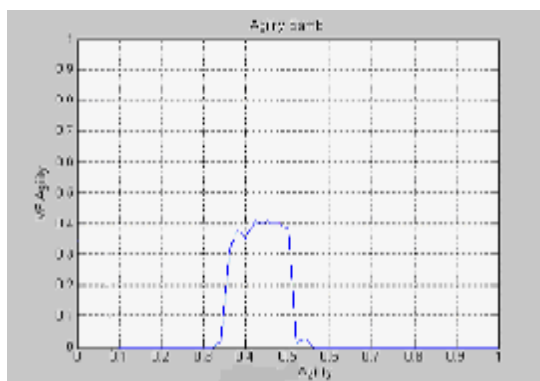
جدول ۳. میزان پاسخگویی و ابعاد آن

پاسخگویی (شرکت "الف")		
پاسخگویی		
m	a	b
0.354	0.093	0.119
توانایی شناسایی تغییرات		
m	a	b
0.46	0.112	0.121
توانایی پاسخ سریع به تغییرات		
m	a	b
0.249	0.075	0.116

حالت ۰,۲ و در خوشبینانه‌ترین حالت ۰,۴۵ می‌باشد (شکل شماره ۶). میزان چابکی شرکت "ب" یک عدد مثلثی فازی با مقادیر  $m=0.3$  و  $a=0.1$  و  $b=0.1$  می‌باشد. این بدین معناست که مقدار چابکی شرکت مورد نظر بین ۰,۲ تا ۰,۴ متغیر و بیشترین امکان وقوع یا در ممکن‌ترین حالت میزان چابکی ۰,۳ بوده، در بدبینانه‌ترین حالت ۰,۲ و در خوشبینانه‌ترین حالت ۰,۴ می‌باشد (شکل شماره ۷). میزان چابکی شرکت "ج" یک عدد مثلثی فازی با مقادیر  $m=0.45$  و  $a=0.14$  و  $b=0.11$  می‌باشد. این بدین معناست که مقدار چابکی شرکت مورد نظر بین ۰,۳۱ تا ۰,۵۶ متغیر و بیشترین امکان وقوع یا در ممکن‌ترین حالت میزان چابکی ۰,۴۵ بوده، در بدبینانه‌ترین حالت ۰,۳۱ و در خوشبینانه‌ترین حالت ۰,۵۶ می‌باشد (شکل شماره ۸).



شکل ۷. میزان چابکی در شرکت "ب"

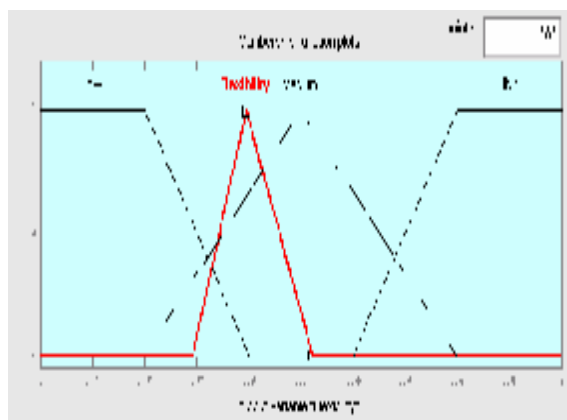


شکل ۸. میزان چابکی در شرکت "ج"

جدول ۶. نتایج نهایی برای سه شرکت

چابکی	بدبینانه‌ترین حالت	ممکن‌ترین حالت	خوشبینانه‌ترین حالت
شرکت "الف"	۰,۲	۰,۳۳	۰,۴۵
شرکت "ب"	۰,۲	۰,۳	۰,۴
شرکت "ج"	۰,۳۱	۰,۴۵	۰,۵۶

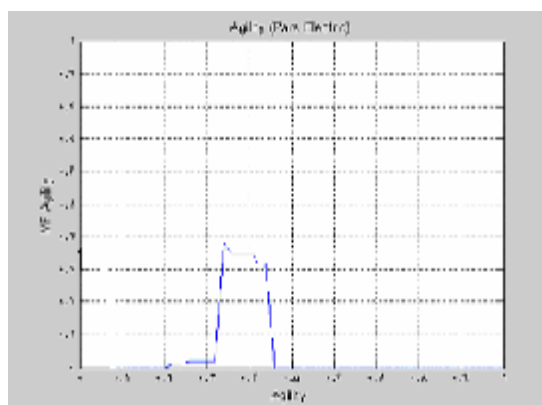
تولید	0.112	0.112	0.622
برنامه	0.135	0.122	0.379
بازار	0.066	0.006	0.006
اتوماسیون	0.116	0.118	0.508
طراحی	0.126	0.133	0.49
اصلاح	0.1	0	0



شکل ۵. میزان انعطاف پذیری

### ۸. تعیین میزان چابکی

بعد از تعیین میزان پاسخگویی، انعطاف‌پذیری و سرعت در ساخت نمونه اولیه، ما در اینجا اعداد بدست آمده را وارد سیستمی می‌نماییم که توسط پرسشنامه مربوط به متخصصان صنعت الکترونیک طراحی شده است. نتایج حاصل از نرم‌افزار MATLAB به صورت شکل‌های شماره ۶ و ۷ و ۸ می‌باشد.



شکل ۶. میزان چابکی در شرکت شرکت "الف"

میزان چابکی شرکت "الف" یک عدد مثلثی فازی با مقادیر  $m=0.33$  و  $a=0.11$  و  $b=0.12$  می‌باشد. این بدین معناست که مقدار چابکی شرکت مورد نظر بین ۰,۲ تا ۰,۴۵ متغیر و بیشترین امکان وقوع یا در ممکن‌ترین حالت میزان چابکی ۰,۳۳ بوده، در بدبینانه‌ترین

[13] Ulrich D., and Lake D., "Organizational capability: creating competitive advantage", Academy of Management Executive, pp. 5,1,77-92, 1991.

[14] Dobson P., and Starkey K., *The Strategic Management Blueprint*, Blackwell Pub, 1993.

[15] Kritchanchai D., and MacCarthy B.L., "Responsiveness of the order fulfilment process", IJOPM, pp. 19,8,812-833, 1999.

[16] Kritchanchai D., and MacCarthy B.L., "Developing a set of measures for responsiveness- a survey of the food industry in Thailand", Proceeding of Production and Operations Management, San Francisco, pp.5-8, April 2002.

[17] Kritchanchai D., and MacCarthy B.L., "Responsiveness and strategy in manufacturing", Proceedings of IEE workshop Responsiveness in manufacturing, Savoy place, London, IEE Digest 98/2/3, IEE Publications, 1998.

[18] McFarlane D., and Matson J., "Assessing and improving the responsiveness of manufacturing production systems", Proceedings of IEE Workshop on Mass Customization (Invited Paper), 1999.

[19] Sharifi H., and Zhang Z., "A methodology for achieving agility in manufacturing organisations: An introduction", IJOPE, 1999.

[20] Sharifi H., and Zhang Z., "A methodology for achieving agility in manufacturing organizations", IJOPM, 21, 5/6, 2001.

[21] Frey E., *The evolution of performance measurement*", IM, pp.9-12, 1988.

[22] Meade L.M., and Sarkis J., "Analysing Organizational Project alternatives for agile manufacturing processes: An analytical network approach", IJOPR, 37(2), 241-261.

[23] Sethi K.S., and Sethi S.P., "Flexibility in Manufacturing: A Survey", The International Journal of Flexible Manufacturing Systems Vol. 2, pp. 289-328, 1990.

[24] Gupta Y.P., and Somers T.M., "The measurement of manufacturing flexibility", European Journal of Operational Research Vol. 60, pp. 166-182, 1992.

[25] Browne J., Dubois D., Rathmill K., Sethi P., and Steke K.E., "Classification of Flexible Manufacturing Systems", The FMS Magazine, pp. 114-117, April 1984.

[26] Braglia Marcello, and Petroni Alberto, "Towards a taxonomy of search patterns of manufacturing flexibility in small and medium-sized firms", Omega Volume: 28, Issue: 2, pp. 195-213, April, 2000.

[27] Parker R.P., and Wirth A., "Manufacturing flexibility: Measures and relationships", European Journal of Operational Research Volume: 118, Issue: 3, November 1, pp. 429-449, 1999.

[28] Vokurka R., O'Leary-Kelly J., Scott W., "A review of empirical research on manufacturing flexibility", Journal of

## ۱۰. پیشنهادات برای تحقیقات آینده

با توجه به ساده‌سازی مدل در این تحقیق فقط در سطح اول سیستم فازی تهیه گردیده است. پیشنهاد ما برای تحقیقات آینده این است که برای تمامی ابعاد در سطوح پایین‌تر سیستم فازی تهیه گردد. یعنی یک سیستم فازی جهت اندازه‌گیری انعطاف‌پذیری با توجه به ابعاد مطرح شده و سیستم فازی دیگری جهت اندازه‌گیری پاسخگویی با توجه به ابعاد مطرح شده و در نهایت یکپارچه کردن این دو سیستم با سیستم فعلی مد نظر می‌باشد. آخرین پیشنهاد برای تحقیقات آتی تست مدل در صنایع دیگر می‌باشد.

## مراجع

[1] Hornby A.S., *Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English*, Sixth edition, Oxford University Press, 2000.

[2] Yusuf Y.Y., Sarhadi M., and Gunasekaran A., "Agile Manufacturing: the Drivers, Concepts and Attributes", International Journal of Production Economics, pp. 62, 33-43, 1999.

[3] Abdel-Malek L., Das S.K., and Wolf C., "Design and implementation of flexible manufacturing solutions in agile enterprise", International journal of Agile Management Systems, (2/3), pp. 187-195, 2000.

[4] Dove R., "Agile and otherwise, series of articles on agile manufacturing", Production Magazine, from November 1994 to July 1996.

[5] Dove R., "Knowledge Management, Response Ability and The Agile enterprise", Journal of Knowledge Management, 3(1), pp. 18-35, 1999.

[6] Khoshsima G., "A Model for Measuring Agility in Manufacturing Organizations with Fuzzy Logic", International Engineering Management Conference 2003, Albany, New York USA 2-4, November 2003.

[7] Long C., and Vickery-Koch M., "Using core capabilities to create competitive advantage", Organizational Dynamics, pp. 7-22, 1998.

[8] Mintzberg H., et al, *Strategy Safari: A guided tour through the wilds of strategic management*, The Free Press, 1998.

[9] Prahalad C.K., and Hamel G., "The core competence of the corporation", HBR, May-June, pp. 79-91, 1990.

[10] Stalk G., Evans P., and Shuman L.E., "Competing on capabilities : The new rules of corporate strategy", HBR, March-April, pp. 57-69, 1992.

[11] Javidan M., "Core competence: What dose it mean in practice?", *Long Range Planning*, Vol.31, No.1, pp. 60-71, 1998.

[12] Ulrich D., and Wiersema M.F., "Gaining strategic and organizational Capabilities in turbulent business environment", Academy of Management Executive, pp. 3,2,115-122, 1989.



- [41] Gerwin Donald, "An Agenda For Research on the Flexibility of Manufacturing Processes", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 7 Issue 1, 1987.
- [42] Beach R., Muhlemann A.P., Price D.H.R., Paterson A., and Sharp J.A., "A review of manufacturing flexibility", European Journal of Operational Research Volume: 122, Issue: 1, pp. 41-57, April 1, 2000.
- [43] Sharp J.M., Irani Z., and Desai S., "Working towards agile manufacturing in the UK industry", International Journal of Production Economics, 62, pp. 155-169, 1999.
- [44] Gunasekaran A., McGaughey R., and Wolstencraft V., Agile manufacturing: Concepts and framework, Agile Manufacturing: The 21st Century Competitive Strategy, Elsevier Science, pp. 25-49, 2001.
- [45] Gunasekaran A., "Agile manufacturing: Enablers and an implementation framework", IJOPR, 36 (5), pp. 1223-1247, 1998.
- [46] Hwang C., and Lai Y., *Fuzzy MODM: Method and Application*. New York, Berlin Heidelberg, 1994.
- [47] Zimmermann H.-J., *Fuzzy Set Theory and its Applications*, 2nd edition, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, 1991.
- [48] Berkan R.C., and Trubatch S.L., *Fuzzy systems design principles Building fuzzy IF-THEN rule bases*, IEEE Press, 1997.
- [49] Tsourveloudis N.C., and Phillis Y.A., "Fuzzy Assessment of Machine Flexibility", IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 45, no. 1, pp. 78-87, 1998.
- [50] Tsourveloudis N.C., and Phillis Y.A., "On the Measurement of Manufacturing Flexibility", (ISOMA 052.1-8) Proceedings of the 3rd World Automation Conference (WAC '98), Anchorage, AK, USA, 1998.
- [51] Tsourveloudis N.C., and Phillis Y.A., "Fuzzy Measurement of Manufacturing Flexibility", Applications of Fuzzy Logic: Towards High Machine Intelligence Quotient Systems, M. Jamshidi, A. Titli, L. Zadeh, S. Boverie (eds.), Volume 7, Prentice Hall, pp. 201-222, 1997.
- [52] سرمد زهره، بازرگان عباس، و حجازی الهه، روشهای تحقیق در علوم رفتاری، چاپ اول، تهران، انتشارات آگه، ۱۳۷۶.
- [53] دلاور علی، مبانی نظری و علمی پژوهش در علوم انسانی و اجتماعی، چاپ سوم، انتشارات سمت، ۱۳۷۵.
- Operations Management Volume: 18, Issue: 4, pp. 485-501, June, 2000.
- [29] Koste Lori, Malhotra L., and Manoj K., "A theoretical framework for analyzing the dimensions of manufacturing flexibility", Journal of Operations Management Volume: 18, Issue: 1, December, pp. 75-93, 1999.
- [30] Koste Lori, Malhotra L., and Manoj K., "Trade-offs among the elements of flexibility", a comparison from the automotive industry, Omega Volume: 28, Issue: 6, pp. 693-710, December, 2000.
- [31] Narasimhan Ram, and Das Ajay, "An empirical examination of sourcing's role in developing manufacturing flexibilities", International Journal of Production Research, Vol. 38 Issue 4, p875, 19p, 03/10/2000.
- [32] Narasimhan Ram, and Das Ajay, "An empirical investigation of the contribution of strategic sourcing to manufacturing...", Decision Sciences, Vol. 30 Issue 3, p683, 36p, Summer 99.
- [33] Suarez F.F., Cusumano M.A., and Fine C.H., "An empirical study of flexibility in manufacturing", Sloan Management Review, 37, 1, pp. 25-32. 293, 1995.
- [34] Gerwin Donald, "Manufacturing Flexibility: A Strategic Perspective", Management Science, Vol. 39 Issue 4, p. 395, 16p, Apr93.
- [35] Klassen Robert D., and Angell Linda C., "An international comparison of environmental management in operations: the impact of manufacturing flexibility in the U.S. and Germany", Journal of Operations Management Volume: 16, Issue: 2-3, pp. 177-194, May, 1998.
- [36] D'Souza Derrick E., and Williams Fredrik P., "Toward a taxonomy of manufacturing flexibility dimensions", Journal of Operations Management Volume: 18, Issue: 5, pp. 577-593, August, 2000.
- [37] Parthasarthy R., and Sethi S.P., "Relating strategy and structure to flexible automation: a test of fit and performance implications", Strategic Management Journal, 14, 7, pp. 529-549, 1993.
- [38] Slack N., "Manufacturing Systems Flexibility: an assessment procedure", International Journal Computer Integrated Manufacturing Systems, 1, (1), pp. 25-31, 1988.
- [39] Dixon J.P., "Measuring manufacturing flexibility: an empirical investigation", European Journal of Operation Research, 60, 131-143, 1992.
- [40] Suarez F.F., Cusumano M.A., and Fine C.H., "An empirical study of manufacturing flexibility in printed circuit board assembly", Operations Research, 44, 1, pp. 223-240, 1996.